

논문 2009-46SP-3-14

# 영상 피드백을 이용한 단일 영상에서의 적응적 피부색 검출

## ( Adaptive Skin Color Segmentation in a Single Image using Image Feedback )

도준형\*, 김근호\*, 김종열\*

( Jun-Hyeong Do, Keun Ho Kim, and Jong Yeol Kim )

### 요약

피부색 검출 기법은 안면 정보를 이용한 체질 진단 및 건강 진단, 인간과 로봇과의 상호작용, 영상 검색 시스템 등 다양한 응용분야에서 사람의 얼굴과 손의 검출을 위해 많이 사용되어 왔다. 비디오 영상의 경우 조명이나 환경 변화에 강인한 피부색 영역의 추적을 위해 매 프레임마다 대상 영역의 피부색 모델을 업데이트 하는 것이 일반적이나, 단일 영상에서 피부색 영역을 검출하거나 비디오 영상의 첫 프레임에서 피부색 영역을 검출할 때에는, 많은 연구들이 하나의 고정된 피부색 모델을 이용하기 때문에 입력 영상의 특징에 따라 낮은 검출율이나 높은 긍정 오류율이 발생하는 경우가 많다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 피부색 검출 결과를 피드백 받아 피드백 받은 정보를 바탕으로 피부색 검출 조건을 수정하는 과정을 반복함으로써 다양한 환경 조건들을 가지는 단일 영상에 대해 효과적으로 피부색을 검출할 수 있는 방법을 제안한다.

### Abstract

Skin color segmentation techniques have been widely utilized for face/hand detection and tracking in many applications such as a diagnosis system using facial information, human-robot interaction, an image retrieval system. In case of a video image, it is common that the skin color model for a target is updated every frame for the robust target tracking against illumination change. As for a single image, however, most of studies employ a fixed skin color model which may result in low detection rate or high false positive errors. In this paper, we propose a novel method for effective skin color segmentation in a single image, which modifies the conditions for skin color segmentation iteratively by the image feedback of segmented skin color region in a given image.

**Keywords :** 피부색 검출, 영상 피드백, 적응적 검출

## I. 서론

피부색 검출 기법은 안면 정보를 이용한 체질 및 건강 진단, 인간과 로봇과의 상호작용, 영상 검색 시스템 등 다양한 응용분야에서 사람의 얼굴과 손의 검출을 위해 많이 사용되어 왔다<sup>[1-3]</sup>.

일반적으로 피부색 영역을 자동으로 검출하기 위해

서는 미리 획득한 영상 DB에서 피부색 영역에 해당하는 픽셀 정보들을 분석하여 피부색 모델을 생성한 다음, 생성된 피부색 모델을 이용하여 주어진 입력 영상에서 피부색 모델에 포함되는 색상 영역을 피부색으로 간주하는 과정을 수행한다. 이 과정에서 정확한 피부색 모델링을 위해, RGB를 비롯한 Normalized RGB, CIE-XYZ, HSI, HSV, YCbCr 등의 다양한 컬러 공간에서 임계값(threshold)을 적용하거나, 하나의 가우시안 모델 (single gaussian model), 가우시안 혼합 모델 (gaussian mixture model), 또는 히스토그램 모델 등을 이용하여 피부색 모델링을 하는 방법들이 제안되었다<sup>[4-6]</sup>. 그러나 미리 획득된 영상 DB의 피부색 분포를 정

\* 정희원, 한국한의학연구원 체질생물학·의공학 연구센터 (Constitutional Biology and Medical Engineering Research Center, KIOIM)

※ 본 연구는 지식경제부 차세대기술개발사업 중 지능형 한방컨텐츠 개발(10028438)의 지원에 의해 이루어진 것임

접수일자: 2009년1월19일, 수정완료일: 2009년4월7일



그림 1. 서로 다른 배경 조건을 가지는 3개의 영상에 대해 동일한 피부색 모델을 적용 했을 때의 검출 결과 비교

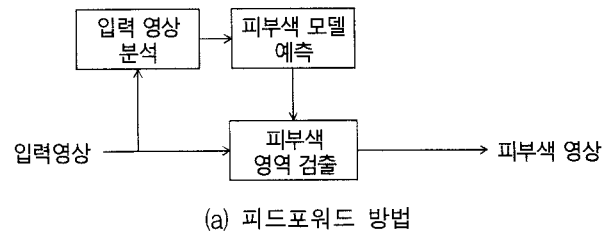
Fig. 1. Comparison of skin color segmentation using a fixed skin color model for three different single images.

확하게 모델링을 하더라도 그림 1과 같이 입력 영상의 실제 피부색 분포에 따라 낮은 검출율이나 높은 긍정 오류율이 발생할 수 있다. 즉, 피부색 모델에 포함된 색상값이 입력 영상에서는 배경색에 포함되어 있을 경우(그림 1-(a)) 높은 긍정 오류율을 가질 수 있으며, 반대로 입력 영상에서 실제 피부색 영역이 피부색 모델에 포함되어 있지 않을 경우(그림 1-(c)) 낮은 검출율을 보이게 된다. 따라서 원하는 피부색 검출 결과를 얻기 위해서는, 그림 1-(a)의 경우 현재의 피부색 모델에서 배경색에 포함되어 있는 색상 영역을 제거하여야 하는 반면, 그림 1-(c)의 경우에는 현재의 피부색 모델에 포함되지 않지만 실제 영상에서 피부색 영역으로 간주되는 부분이 피부색 모델에 포함 되어야 한다.

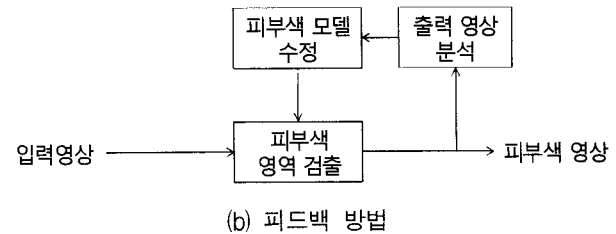
이처럼 입력 영상의 색상 분포에 따라 피부색 영역을 효과적으로 검출하기 위해서는 입력 영상의 색상 분포에 따른 피부색 모델의 수정 과정이 필요하다.

피부색 모델을 수정하는 방법에 대한 연구는 주로 비디오 영상에서 얼굴 또는 손 영역을 추적하는 경우에 많이 수행되어 왔다. 일반적으로 현재 프레임에서 추적된 얼굴/손의 색상 분포 중에 사전에 생성된 피부색 모델 또는 예측된 피부색 모델에 포함되는 색상만을 피부색 모델을 수정하는데 사용하는 방법이다<sup>[7-8]</sup>.

단일 영상에서 환경 조건을 고려하여 피부색 영역을 검출하는 방법으로, Stoerring<sup>[9]</sup>이 4종류의 조명 조건하에서 8명의 피부색이 다른 인종의 피험자에 대한 피부



(a) 피드포워드 방법



(b) 피드백 방법

그림 2. 다양한 환경 조건에 대해 효과적으로 피부색 영역을 검출하기 위한 접근 방법

Fig. 2. Two methods for effective skin color segmentation under various environmental conditions.

색 정보를 획득하여, 조명의 색 온도에 따른 피부색 분포 변화를 모델링 하였다. 이를 이용하여 주어진 입력 영상의 조명 조건에 맞는 피부색 모델을 예측하여 피부색 영역을 검출하였다. 이 방법은 조명의 변화에도 강인하게 피부색 영역이 검출되는 결과를 보여주었으나, 입력 영상의 조명 조건과 피험자가 어느 인종에 해당하는 지에 대한 사전 정보를 필요로 한다.

Cho<sup>[10]</sup>는 입력 영상의 색상 분포를 분석하여 우세한 색상 영역이 검출 되도록 색상 공간의 사각형 검출 영역을 결정하는 방법을 제안하였다. 그러나 피부색 분포가 배경색의 분포보다 우세하고, 피부색과 유사한 색상이 존재하지 않을 경우에만, 만족스러운 결과를 얻을 수 있다.

입력 영상이 가지고 있는 다양한 환경 조건들에 영향을 받지 않고 피부색 영역을 검출하기 위해서는 그림 2와 같이 입력 영상을 분석하여 환경 조건을 정확히 예측하고 이를 기반으로 피부색 모델을 생성하는 피드포워드 방법(feedforward, 그림 2a)과 피부색 검출된 결과를 분석하여 이를 바탕으로 피부색 모델을 수정하는 피드백 방법(feedback, 그림 2b)으로 접근해 볼 수 있다.

Stoerring<sup>[9]</sup>과 Cho<sup>[10]</sup>가 제안한 방법들의 문제점에서 보듯이 피드포워드 방법의 경우, 예측된 피부색 모델을 이용하여 입력 영상으로부터 한 번에 피부색 영역을 검출하기 때문에, 예측된 모델이 잘못 되었을 경우 만족스러운 결과를 얻을 수 없다. 더구나 입력 영상으로부

터 환경 변수들을 고려하여 입력 영상에 맞는 피부색 모델을 정확하게 예측하는 것은 매우 어렵다는 문제점을 가지고 있다. 반면 피드백 방법은 피부색 검출 결과를 살펴보면서 반복적으로 피부색 모델을 수정할 수 있기 때문에, 비록 초기 피부색 모델이 정확하지 않더라도, 지속적인 모델의 수정을 통하여 최종적으로 원하는 피부색 영상을 얻을 가능성이 높다.

따라서 본 논문에서는 피드백 개념을 이용하여 조명 조건, 피험자의 사전 정보, 배경색의 분포 유형에 영향을 받지 않고 효과적으로 피부색을 검출할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 제안한 방법의 전체 구조에 대해 설명하고 III장에서는 피부색 검출을 위해 사용되는 피부색 모델에 대해 언급한다. IV장에서는 입력 영상에 따라 피부색 모델을 수정하는 방법을 제안하고, V장에서는 제안한 방법을 적용한 결과를 보여주고 VI장에서 결론을 맺는다.

## II. 전체 구성

피드백 방법을 이용한 적응적 피부색 검출 방법의 전체 흐름도는 그림 3과 같다.

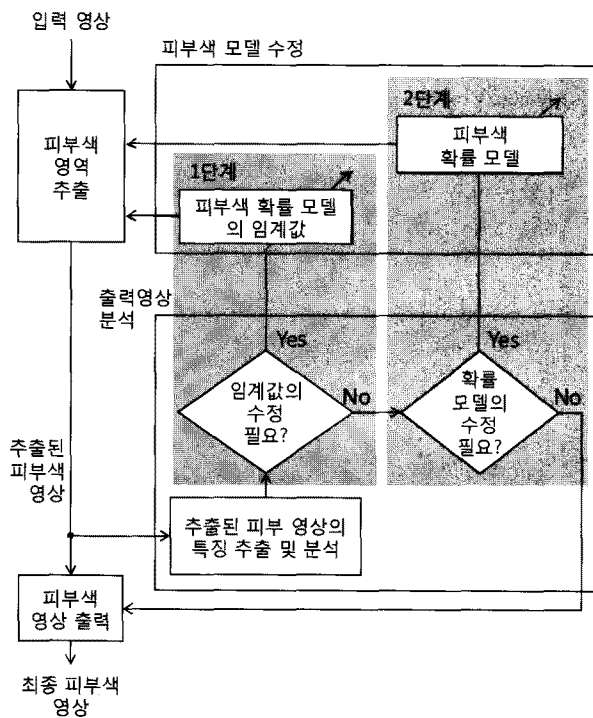


그림 3. 적응적 피부색 검출을 위한 흐름도  
Fig. 3. Flow chart for adaptive skin color segmentation.

제안된 방법은 초기 피부색 모델로부터 피부색 영역을 검출한 후, 검출된 피부색 영상을 피드백 받아 원하는 피부색 영역의 검출된 결과를 얻을 때까지 피부색 모델의 수정과정을 반복한다.

이때, 그림 1에서도 보듯이 피부색 검출 결과의 성능 평가 요소인 긍정 오류율과 검출율은 서로 상충관계(trade-off)를 가지고 있다. 일반적으로 긍정 오류율을 낮추고자 피부색의 검출 조건을 강화하면 검출율이 낮아지고, 검출율을 높이기 위해 피부색의 검출 조건을 완화하면 긍정 오류율이 높아진다. 따라서 먼저 높은 검출율을 얻기 위해, 초기에는 완화된 피부색 검출 조건을 사용하고, 이로 발생된 긍정 오류들을 피부색 모델의 반복적인 수정과정을 통하여 제거한다. 이때 피부색 모델의 수정과정은 피부색 확률 모델의 임계값을 수정하는 1단계와 피부색 확률 모델을 수정하는 2단계로 나누어진다.

## III. 피부색 모델 생성 및 초기화

### 1. 피부색 모델 생성

피부색 영역을 검출하기 위한 피부색 모델은, 서론에서 언급한 피부색을 모델링하는 다양한 방법들 중, 정확하게 모델링이 가능하고 수정이 용이한 히스토그램 기반의 확률 모델을 사용하여 생성된다.

먼저 Jones와 Rehg<sup>[11]</sup>에 의해 획득된 피부색 영상DB와 피부색이 아닌 영상 DB(피부색 영상: 4,667장, 피부색이 아닌 영상: 8,694장)(그림 4)를 이용하여 피부색 히스토그램과 비-피부색 히스토그램을 생성한다. 이때 조명의 변화에 둔감한 피부색 모델을 만들기 위해, 히스토그램 모델은 YUV 컬러 공간에서 Y 성분을 제외한 UV 성분만을 포함한다.

생성된 피부색 히스토그램과 비-피부색 히스토그램을 이용하여, 주어진  $uw$  컬러값에 대한 피부색 확률 모



(a) 피부색 영상 (b) 사전에 검출한 (c) 비-피부색 영상  
피부색 영역

그림 4. 피부색과 비-피부색 영상 DB의 샘플  
Fig. 4. A sample of skin color and non-skin color DB.

델  $P(skin|uw)$ 은 베이즈 룰(Bayes rule)에 의해 식 (1)과 같이 계산된다.

$$P(skin|uw) = \frac{P(uv|skin)P(skin)}{P(uv|skin)P(skin) + P(uv|\neg skin)} \quad (1)$$

$$= \frac{s[uw]}{s[uw] + n[uw]}$$

여기서,  $s[uw]$ 는 피부색 히스토그램에서  $(u, v)$ 값에 해당하는 픽셀의 개수를 말하며,  $n[uw]$ 는 비-피부색 히스토그램에서  $(u, v)$ 값에 해당하는 픽셀의 개수를 의미한다.

식 (1)에 의해 피부색 확률 모델이 생성되면, 입력영상의 각 픽셀  $(x, y)$ 에서는 픽셀의  $(u, v)$ 값,  $uw(x, y)$ 에 따른 피부색 확률값에 의해 피부색 여부가 결정된다(식 (2)).

$$skin(x, y) = \begin{cases} 1 & P(skin|uw(x, y)) > \alpha \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (2)$$

이때  $\alpha$ 는 피부색 영역을 검출하기 위한 임계값이다.

### 2. 피부색 모델의 초기화

초기에 검출된 피부색 영역이 높은 긍정 오류율을 가지더라도 높은 검출율을 가지게 하기 위해서는 DB에서 피부색영역에 포함되었던 모든 색상 영역이 피부색으로 검출되도록 하여야 한다.

즉,  $\alpha$  값을 0으로 설정하여, 입력 영상의 pixel 값이 피부색일 확률  $P(skin|uw(x, y))$  값이 0 보다 큰 경우의 모든 값을 피부색 영역으로 검출한다.

## IV. 피부색 모델의 수정 과정 및 최종 영상 출력

초기 검출된 피부색 영역에서 긍정 오류에 해당하는 부분은 그림 5와 같이 피부색으로 간주되는 배경 영역(그림 5-(a),(b))과 노이즈의 형태(그림 5-(b),(c))로 나타날 수 있다.

그림 5-(a),(b)와 같이 배경 영역이 피부색으로 간주될 경우 노이즈 형태로 나타나지 않고 사물 영역으로 표현되기 때문에, 먼저 1단계에서 피부색 확률 모델의 임계값을 수정하여 피부색으로 간주된 배경 영역의 일정 부분을 제거 시켜 노이즈 형태가 나타나도록 한다. 다음 2단계에서는 발생된 노이즈 영역의 색상정보를 이용하여, 피부색 확률 모델을 수정함으로써 노이즈 영역을 제거한다.

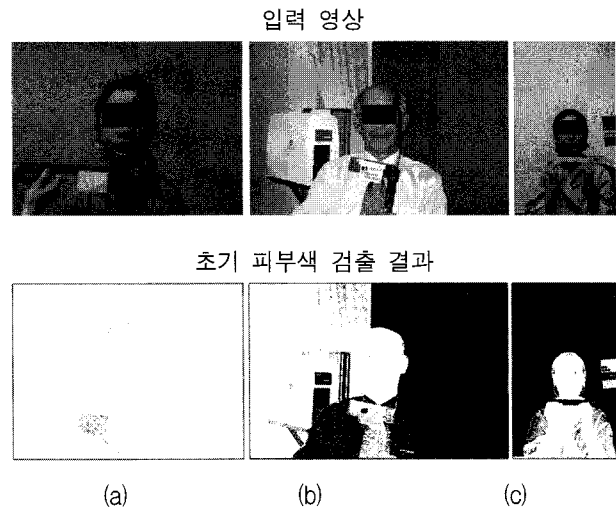


그림 5. 초기 검출된 피부색 영역  
Fig. 5. The initial result of skin color segmentation.

### 1. 피부색 확률 모델의 임계값 수정

일반적으로 입력영상에 피부색과 유사한 배경 영역이 있을 경우 배경 영역의 색상값이 피부색일 확률값은 실제 피부색 영역의 색상값이 피부색일 확률값보다 낮다. 또한 배경영역이 피부색 영역으로 간주되는 경우 전체 영상에서 피부색으로 검출되는 영역의 비율이 매우 높다. 따라서 피부색 검출결과에서 배경 영역을 제거하기 위해, 전체 영상에서 검출된 피부색 영역이 차지하는 비율이 일정한 값 이하가 될 때까지 피부색 확률 모델의 임계값  $\alpha$  값을 증가시킨다.

### 2. 피부색 확률 모델의 수정

피부색 확률 모델의 임계값이 결정되면 피부색 검출 결과에서 노이즈를 발생시키는 색상을 피부색 모델에서 제거한다.

먼저 검출된 피부색 영역에서 각 블럽(blob)의 크기에 따라 사물(object) 영역과 노이즈(noise) 영역으로 나눈다.

분류된 사물 영역과 노이즈 영역에서는 각 영역에 해당하는 픽셀들의 YUV 컬러 공간에서의 Y 성분을 제외한 색상값  $(u, v)$ 값에 대한 히스토그램들을 생성하고, 이들을 이용하여, 피부색 영역으로 검출된 픽셀의 색상값  $(u, v)$ 가 노이즈 영역에 포함되는 확률,  $P(noise|skin|uw)$ ,을 계산한다. 이때,  $P(noise|skin|uw)$ 는 베이즈 정리에 의해 식 (3)과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned}
 &P(\text{noise} | (\text{skin}|uv)) \\
 &= \frac{P((\text{skin}|uv)|\text{noise})P(\text{noise})}{P((\text{skin}|uv)|\text{noise})P(\text{noise}) + P((\text{skin}|uv)|\text{object})P(\text{object})} \\
 &= \frac{ns[uv]}{ns[uv] + os[uv]}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

여기서,  $ns[uv]$ 는 피부색으로 검출된 영역 중 노이즈 영역에서 색상값  $(u, v)$ 를 가지는 픽셀의 개수를,  $os[uv]$ 는 사물 영역에서 색상값  $(u, v)$ 를 가지는 픽셀의 개수이다.

식 (3)의 결과를 이용하여  $k$ 번째 수정 과정에서의 피부색 모델,  $P_k(\text{skin}|uv(x, y))$ ,은  $k-1$ 번째 수정 과정에서의 피부색 모델,  $P_{k-1}(\text{skin}|uv(x, y))$ ,를 이용하여 피부색 영역을 검출한 결과, 노이즈 영역에 포함되는 확률이 높은 색상값이 피부색일 확률을 0으로 만들고, 사물 영역에 포함되는 확률이 높은 색상값이 피부색일 확률값은 유지하는 방법으로 수정된다. 이를 수식으로 나타내면 식 (4)와 같다.

$$P_k(\text{skin}|uv(x, y)) = \begin{cases} P_{k-1}(\text{skin}|uv(x, y)) & \text{otherwise} \\ 0 & \text{if } P_{k-1}(\text{noise} | (\text{skin}|uv(x, y))) > \theta \end{cases}
 \tag{4}$$

이때  $\theta$  값은 피부색 확률 모델에 포함된 색상값이 피부색 영역 검출 결과에서 노이즈를 발생시키는지를

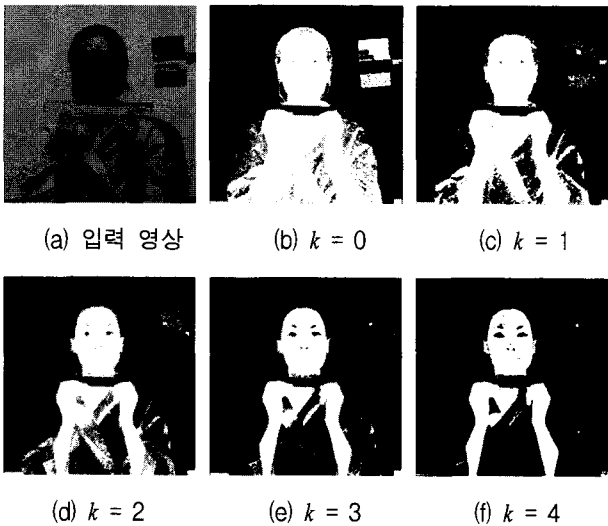


그림 6. 피부색 확률 모델의 반복 수정에 따른 검출 결과의 예

그림 6. An example of skin color segmentation by the iterative modification of skin color probability model.

판단하기 위한 임계값이다.

실제 피부색 영역의 색상들 중 노이즈 영역에도 나타나는 색상은 소수이며, 긍정 오류 영역의 색상들은 대부분 노이즈에 해당하는 색상들로 이루어져 있다는 가정 하에 조금이라도 노이즈를 발생시키는 색상은 피부색 확률 모델에서 제거되도록  $\theta$  값을 0.001로 낮게 설정하였다. 반면 긍정 오류 영역의 경우 한 번의 피부색 모델 수정과정으로 모두 제거 되지는 않지만 그림 6과 같이 노이즈에 해당하는 색상 영역이 긍정 오류 영역에서 일부 제거됨으로써, 긍정 오류 영역 내에서 새로운 노이즈 영역이 발생되고, 다시 노이즈 영역을 일부 제거하는 과정의 반복을 통하여 대부분의 긍정 오류 영역이 제거된다.

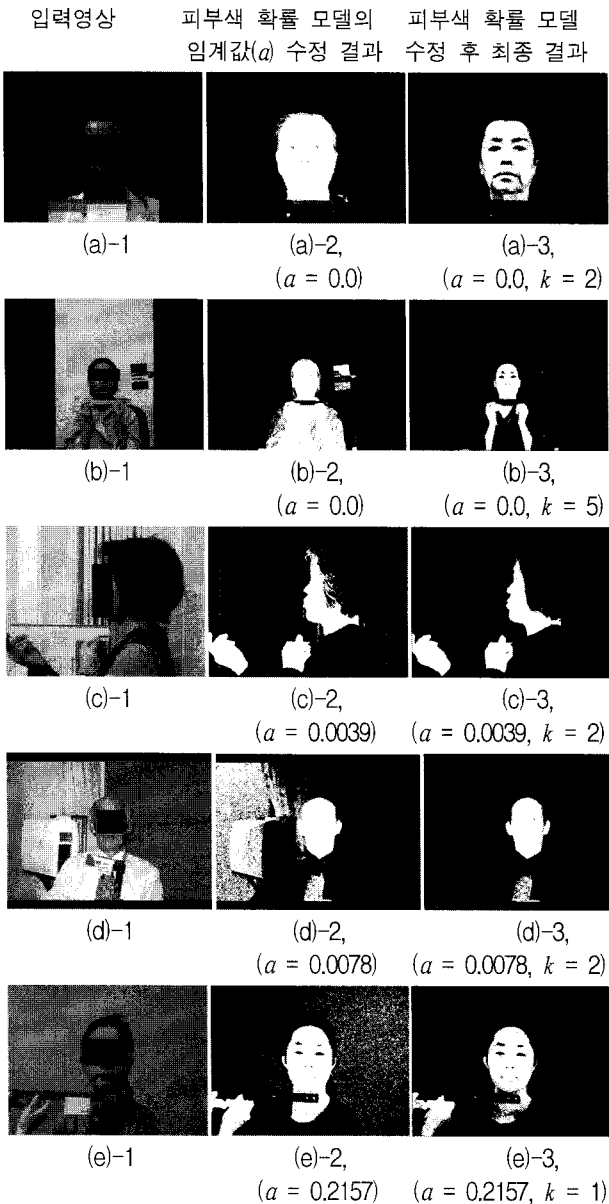
수정 과정의 초기에는 긍정 오류 영역들이 사물 영역으로 간주되지만, 수정 과정의 반복을 통해 긍정 오류 영역이 제거 되고 나면, 수정과정의 반복에도 사물영역으로 간주되는 영역의 개수는 일정 수준을 유지하기 시작한다. 따라서 사물 영역의 개수의 변화와 피부색 확률 모델의 수정 회수를 고려하여 모델 수정 과정의 반복을 중단할 것인지 판단한다. 구체적으로는 사물 영역 개수가 급속하게 감소한 뒤 일정 수준을 유지하기 시작하는 시점이나, 일정 횟수 동안 피부색 모의 수정과정을 거친 뒤 사물 영역 개수가 일정 수준을 유지하기 시작하는 시점을 수정 과정의 반복을 중단하는 시점으로 한다. 즉 피부색 모델 수정의 반복과정에 따른 사물 영역 개수의 변화 히스토그램에서, 첫 번째 지역 최소값(local minimum)을 가지는 지점에서의 피부색 확률 모델을 최종 모델로 선택하고, 피부색 확률 모델의 반복 수정과정을 중지한다.

### 3. 피부색 영상 출력

III-1절과 III-2절의 수정과정을 거쳐 결정된 피부색 확률 모델의 임계값과 피부색 확률 모델을 이용하여 입력 영상에 대해 피부색 영역을 검출하고 최종적으로 검출된 피부색 영역에서 노이즈에 해당하는 크기가 작은 블립들을 제거한다.

## V. 실험 결과

안면 진단을 위해 다양한 장소에서 촬영한 얼굴 영상에 대해 제안된 알고리즘을 적용하여 테스트를 수행하였다. 테스트 결과 그림 7과 같이 다양한 조명 조건과



\* $a$ 와  $k$ 는 수정과정을 통해 결정된 임계값과 수정 반복 회수

그림 7. 적응적 피부색 검출 결과  
Fig. 7. The result of adaptive skin color segmentation.

배경 색상을 가지는 환경에 대해서도 높은 검출율과 낮은 긍정 오류가 발생함을 보여주었다.

또한 기존의 방법들과의 성능 비교를 위해 기존의 고정된 피부색 모델을 사용하는 경우, 피부색 확률 모델의 임계값을 수정하지 않고 피부색 확률 모델만을 수정할 경우의 결과들을 비교해 보았다. 그림 8-(d)의 영상에 최적화된 피부색 모델을 다른 영상에 적용하여 피부색 영역을 검출한 경우, 그림 8-(a), (b), (c)의 경우 낮은 검출율을, 그림 8-(e)의 경우 높은 긍정 오류율을 보여 주었다. 또한 피부색 확률 모델만을 수정했을 때, 그

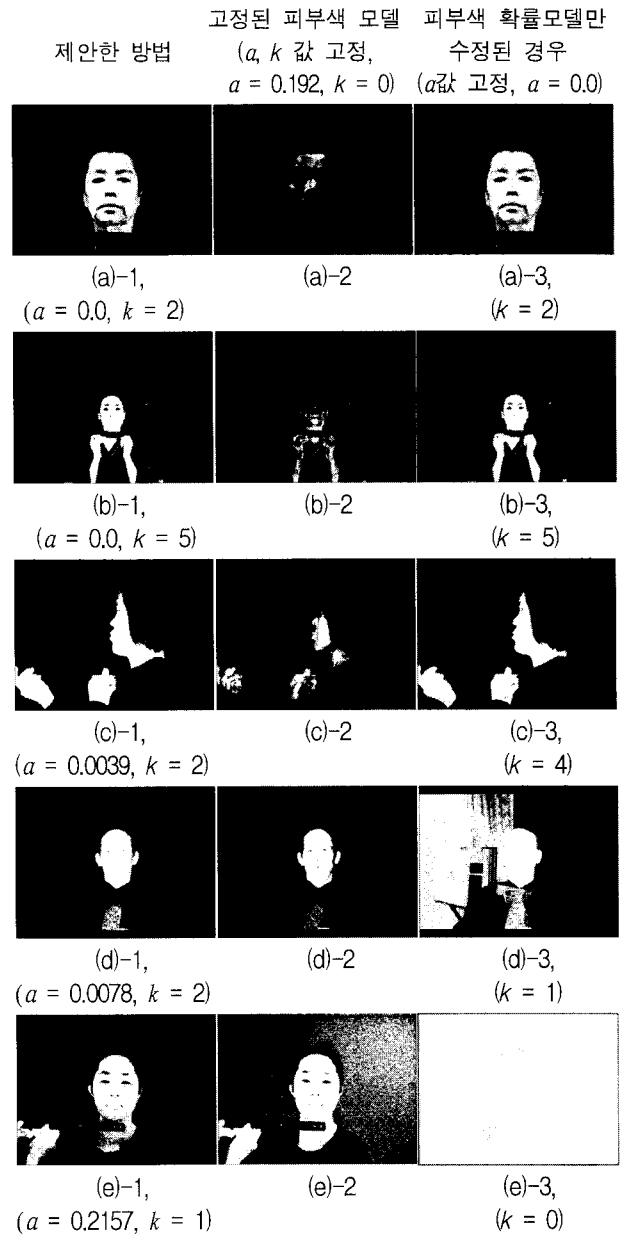


그림 8. 기존의 방법들과의 결과 비교  
Fig. 8. Comparison with conventional methods.

림 8-(a), (b), (c)의 경우 만족스러운 결과를 얻었지만, 그림 8-(d), (e)와 같이 배경영역의 색상이 피부색과 유사하여 노이즈가 발생하지 않을 경우, 배경영역이 제거되지 않고 그대로 피부색 영역으로 검출되었다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 다양한 환경 조건을 가지는 단일 영상에서 피부색 영역을 효과적으로 검출할 수 있는 방법을 제안하였다. 고정된 피부색 모델을 사용하거나, 입력 영

상의 분석을 통해 단순히 피부색 모델을 예측하지 않고, 피부색 검출결과를 피드백 받아 반복적으로 피부색 모델을 수정함으로써, 높은 피부색 영역 검출율과 낮은 긍정 오류율을 동시에 만족하는 결과를 보여 주었다. 제안된 방법은 다양한 환경 특성을 가지는 영상을 입력으로 하는 안면 진단, 인간-로봇 상호작용, 영상 검색 등의 분야에서 효과적인 얼굴/손의 검출 방법으로 활용될 것으로 기대한다.

### 참고 문헌

- [1] 이세환, 김봉현, 조동욱, “한방 찰색 구현을 위한 디지털 색체계의 피부색 분석에의 적용,” *한국통신학회논문지*, 제33권, 제2호, 184-191쪽, 2008년 2월
- [2] J.-H. Do and Z. Bien, “Effective Cue Integration for Fast and Robust Face Detection in Videos,” in *Proc. of IEEE Conf. on Information Reuse and Integration*, pp. 354-359, 2007.
- [3] M. H. Yang and N. Ahuja, “Gaussian mixture model for human skin color and its application in image and video databases,” in *Proc. of SPIE: Conf. on Storage and Retrieval for Image and Video Databases*, Vol. 3656, pp. 458-466, 1999.
- [4] P. Kakumanu, S. Makrogiannis, and N. Bourbakis, “A survey of skin-color modeling and detection methods,” *Pattern Recognition*, Vol. 40, pp. 1106-1122, 2007.
- [5] 백영현, “피부색 모델 기반의 효과적인 얼굴 검출 연구,” *전자공학회 논문지*, 제45권 SP편, 제 6호, 38-43쪽, 2008년 11월
- [6] 강신국, 김경태, 신윤희, 김나연, 김은이, “신경망과 Mean-shift를 이용한 눈 추적,” *전자공학회 논문지*, 제44권, CI편, 제 1호, 56-63쪽, 2007년 1월
- [7] J.-H. Do and Z. Bien, “Three-stage model for robust real-time face tracking,” *Int. Journal of Imaging Systems and Technology*, Vol. 17, No. 6, pp. 321-327, 2008.
- [8] Gi-Jeong Jang and In So Kweon, “Robust object tracking using an adaptive color model,” in *Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 1677-1682, 2001.
- [9] M. Stoerring, T. Kocka, H. J. Andersen, and E. Graum, “Tracking regions of human skin through illumination changes,” *Pattern Recognition Letters*, Vol. 24, pp. 1715-1723, 2003.
- [10] K.-M. Cho, J.-H. Jang, and K.-S. Hong, “Adaptive skin-color filter,” *Pattern Recognition*, Vol. 34, pp. 1067-1073, 2001.
- [11] M. Jones and J. Rehg, “Statistical color models with application to skin detection,” *Compaq Cambridge Res. Lab. Tech. Rep*, CRL 98/11, 1998.

### 저자 소개



도 준 형(정회원)  
1999년 KAIST 전자전산학과  
학사 졸업.  
2001년 KAIST 전자전산학과  
석사 졸업.  
2008년 KAIST 전자전산학과  
박사 졸업.

2008년 KAIST 정보전자연구소 연수연구원.  
2008년~현재 한국한의학연구원 선임연구원.  
<주관심분야 : 컴퓨터비전, 패턴인식, 지능시스템, 한방의료기기, 인간-로봇 상호작용>



김 근 호(정회원)  
1994년 KAIST 전기및전자공학과  
학사 졸업.  
2001년 KAIST 전자전산학과  
박사 졸업.  
2001년~2002년 미네소타  
주립대학 CMRR 연구원.

2002년~2007년 삼성종합기술원 전문연구원.  
2007년~현재 한국한의학연구원 선임연구원.  
<주관심분야 : 영상처리, 생체신호처리, 한방의료기기 개발, 3차원 영상 렌더링 및 모델링>



김 종 열(정회원)-교신저자  
1983년 서울대학교 건축학과  
학사 졸업.  
1985년 KAIST 토목공학과  
석사 졸업.  
1996년 경희대학교 한의학과  
학사 졸업.

1998년 원광대학교 한의학과 석사 졸업.  
2001년 원광대학교 한의학과 박사 졸업.  
1996년~2004년 재단법인 익산원광한의원 원장.  
2004년~현재 한국한의학연구원 책임연구원.  
<주관심분야 : 한방의료기기 개발, 데이터 마이닝, u-헬스 의료기기>